

## Combustion system

**Publication number:** DE19757617 (A1)

**Publication date:** 1999-03-25

**Inventor(s):** HOFFMANN STEFAN DR ING [DE]; STREB HOLGER DR ING [DE]

**Applicant(s):** SIEMENS AG [DE]

**Classification:**


**- international:** *F23C7/00; F23D17/00; F23R3/18; F23C7/00; F23D17/00; F23R3/02; (IPC1-7): F23D21/00; F23L7/00; F23R3/18*


**- European:** F23C7/00; F23D17/00B; F23R3/18

**Application number:** DE19971057617 19971223

**Priority number(s):** DE19971057617 19971223

**Cited documents:**

 DE4001378 (C2)

 EP0580683 (B1)

**Abstract of DE 19757617 (A1)**

The combustion system has a combustion chamber and a burner, with a feed channel (5) for supplying the combustion air and/or a fuel/air mixture leading to a mouth positioned at the burner. The feed channel has an adaption zone (8) in front of the mouth, for providing a fluid stream along the channel wall (7) formed by the combustion air, the fuel and the combustion gases. The channel wall of the adaption zone may be cooled.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

E4



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 197 57 617 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 23 D 21/00**  
F 23 L 7/00  
F 23 R 3/18

②① Aktenzeichen: 197 57 617.6  
②② Anmeldetag: 23. 12. 97  
②③ Offenlegungstag: 25. 3. 99

DE 197 57 617 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Hoffmann, Stefan, Dr.-Ing., 45481 Mülheim, DE;  
Streb, Holger, Dr.-Ing., 40223 Düsseldorf, DE

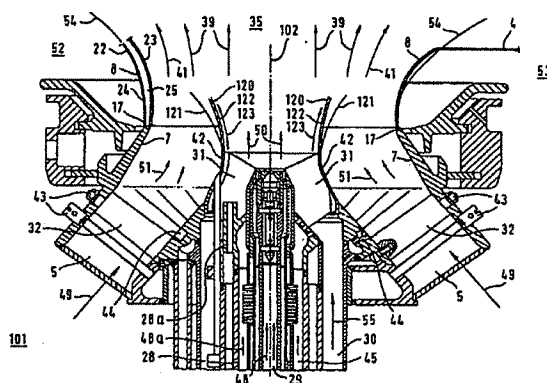
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 40 01 378 C2  
EP 05 80 683 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verbrennungssystem sowie Brenner eines Verbrennungssystems

⑤⑤ Die Erfindung betrifft ein Verbrennungssystem (1) mit einer Brennkammer (2) und einem Brenner (3) mit einem Zufuhrkanal (5), der zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch (6) dient und mit einer Mündung (12) in die Brennkammer (2) mündet. Der Zufuhrkanal weist vor seiner Mündung (12) einen Anpaßbereich (8) auf. Bei einer Verbrennung, die im Zufuhrkanal (5) gezündet wird, bildet sich ein Gemisch (39) aus Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas (9). Der Anpaßbereich weist eine Kanalwand (7) auf, die so gestaltet ist, daß eine vom Gemisch (39) gebildete Fluidströmung (41) an der Kanalwand anliegt. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Brenner (3) für ein Verbrennungssystem (1).



DE 197 57 617 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verbrennungssystem mit einer Brennkammer und einem Brenner, wobei die Brennkammer eine Brennkammerwand und der Brenner einen Zufuhrkanal sowie eine Zündvorrichtung aufweist. Der Zufuhrkanal dient der Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch, weist eine Kanalwand auf und mündet mit einer Mündung in die Brennkammer.

Bei der Verbrennung eines Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches in der Brennkammer eines Verbrennungssystems kann es zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen kommen. Dies ist auch bekannt unter den Begriffen "Brennkammerbrummen", "Brennkammerschwingungen", "verbrennungsinduzierten Druckpulsationen", "schwingende Verbrennungen", "Heulen/Kreischen" (engl. "Screaching"). Solche Verbrennungsschwingungen sind gekennzeichnet durch zeitperiodisch korrelierte Fluktuationen des Verbrennungsumsatzes und des statischen Druckes des im Verbrennungssystem geführten Gemisches. Mit Verbrennungsumsatz ist die pro Zeiteinheit bei der Verbrennung in einer Flamme umgesetzte Menge von Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch bezeichnet. Die Verbrennungsschwingungen beruhen auf einer Wechselwirkung des in die Brennkammer strömenden Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches mit dem momentanen Verbrennungsumsatz in der Flamme. Durch eine Änderung des Verbrennungsumsatzes kann es zu Druckschwankungen kommen, die ihrerseits zu einer Änderung des Verbrennungsumsatzes und damit zur Ausbildung einer stabilen Druckschwingung führen können. Die Verbrennungsschwingungen verursachen neben einer erhöhten Lärmentwicklung eine verstärkte mechanische und thermische Beanspruchung der Brennkammerwände und weiterer zum Verbrennungssystem gehörender Teile.

Eine Methode zur aktiven Dämpfung von Verbrennungsschwingungen ist beschrieben in dem Artikel "Aktive Dämpfung selbsterregter Brennkammerschwingungen (AIC) bei Druckzerstäuberbrennern durch Modulation der flüssigen Brennstoffzufuhr" von J. Hermann, D. Vortmeier und S. Gleiß, VDI-Berichte Nr. 1090, 1993. Die beschriebene Methode wird angewendet auf ein Verbrennungssystem, in dem ein Diffusionsbrenner zum Einsatz kommt. Der Diffusionsbrenner weist einen Verbrennungsluftzufuhrkanal auf, in dem koaxial ein Brennstoffzufuhrkanal angeordnet ist, wobei an der Mündung des Verbrennungsluft- und des Brennstoffzufuhrkanals eine Vermischung und Zündung von der Verbrennungsluft und dem Brennstoff erfolgt. Die aktive Dämpfung der Verbrennungsschwingung wird dadurch erreicht, daß ein Stellglied (z. B. ein Piezo-Aktuator) die in dem Brennstoffzufuhrkanal pro Zeiteinheit zugeführte Brennstoffmenge moduliert. Ein Mikrophon nimmt die akustischen Schwingungen in der Brennkammer auf. Aus einem Mikrophonsignal wird ein Regelsignal für die Regelung der pro Zeiteinheit zugeführten Brennstoffmenge so abgeleitet, daß die Modulation der zugeführten Brennstoffmenge antizyklisch zur Verbrennungsschwingung erfolgt. Diese aktive Dämpfung der Verbrennungsschwingung erfordert einen beträchtlichen apparativen Aufwand.

Ein Hybridbrenner für eine Gasturbine ist bekannt aus der EP 0 580 683 B1. Ein Hybridbrenner weist sowohl einen Diffusionsbrenner als auch einen Vormischbrenner auf. Er ist daher sowohl im Diffusionsbetrieb als auch im Vormischbetrieb betreibbar. Der Vormischbrenner des Hybridbrenners weist einen Ringkanal zur Zuführung von Verbrennungsluft oder von einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch auf. Der Diffusionsbrenner des Hybridbrenners ist nahezu koaxial im Ringkanal des Vormischbrenners angeordnet. Der Diffusionsbrenner weist einen als Ringkanal ausge-

bildeten Verbrennungsluftzufuhrkanal auf, in dem nahezu koaxial ein Brennstoffzufuhrkanal angeordnet ist. Die Kanäle des Diffusionsbrenners münden in einer Düse. Weiterhin weist der Diffusionsbrenner in seinem Verbrennungsluftzufuhrkanal einen Pilotbrenner auf, welcher nur für einen Betrieb des Vormischbrenners erforderlich ist. Bei einem Vormischbetrieb des Hybridbrenners wird über den Ringkanal des Vormischbrenners Verbrennungsluft zugeführt, der im Ringkanal Brennstoff beigemischt wird. Das dabei gebildete Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch bildet im Ringkanal eine Strömung. Das in der Strömung geführte Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch gelangt in die Brennkammer, wo es in einer Flamme verbrennt. Die Verbrennung wird mit Hilfe einer Flamme des Pilotbrenners stabilisiert. Bei einem Diffusionsbetrieb des Hybridbrenners wird über den Verbrennungsluft- und den Brennstoffzufuhrkanal des Diffusionsbrenners Verbrennungsluft bzw. Brennstoff zu einer Mischung in die Brennkammer zugeführt. Das bei der Mischung gebildete Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch verbrennt in einer Flamme in der Brennkammer.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbrennungssystem mit einer geringen Neigung zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen anzugeben. Eine weitere Aufgabe ist es, einen entsprechenden Brenner für ein Verbrennungssystem anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Verbrennungssystem gerichtete Aufgabe gelöst durch ein Verbrennungssystem mit einer Brennkammer und einem Brenner, wobei die Brennkammer eine Brennkammerwand und der Brenner einen Zufuhrkanal sowie eine Zündvorrichtung aufweist, wobei

- a) der Zufuhrkanal zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch dient, eine Kanalwand aufweist und mit einer Mündung in die Brennkammer mündet,
- b) mit der Zündvorrichtung eine Zündung einer Verbrennung der Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Rauchgas im Zufuhrkanal erfolgt und
- c) ein Anpaßbereich als Bestandteil des Zufuhrkanals vor dessen Mündung zur Führung einer Fluidströmung eines sich bei der Verbrennung bildenden Gemisches, bestehend aus Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas vorgesehen ist, in welchem die Kanalwand so ausgebildet ist, daß bei einem Betrieb des Brenners bei einer Nennlast die Fluidströmung an der Kanalwand anliegt.

Als Nennlast ist eine üblicherweise auftretende Last bei einem Betrieb des Verbrennungssystems bezeichnet.

Die Erfindung beruht auf der Überlegung, die Geometrie des Verbrennungssystems so zu gestalten, daß eine geringe Tendenz zur Ausbildung der Verbrennungsschwingung besteht. Die Mündung des Zufuhrkanals, die auch die Mündung des Anpaßbereiches ist, wirkt als Abrißkante für eine sich bei der Zuführung eines Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches über den Zufuhrkanal ausbildenden Strömung. Die Strömung tritt mit einer Strömungsgeschwindigkeit in die Brennkammer ein, die höher ist als die Strömungsgeschwindigkeit des in der Brennkammer befindlichen Gemisches. Aufgrund dieses auftretenden Geschwindigkeitsgradienten kommt es zur Wirbelbildung in der Brennkammer im Bereich der Mündung. In den Wirbeln können sich einerseits die Bestandteile des Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches miteinander besser durchmischen und daher unter einer stärkeren Wärme- und Druckfreisetzung abreagieren. Andererseits kann sich das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch mit dem in der Brennkammer befindlichen heißen

Rauchgas stärker durchmischen, wodurch eine Aufheizung und dadurch verursachte schnellere Verbrennung des Verbrennungsgas-Brennstoff-Gemisches in den Wirbeln mit einer damit verbundenen plötzlichen Wärme- und Druckfreisetzung erfolgt.

Durch eine Druckschwankung kann sich die Geschwindigkeit des in die Brennkammer einströmenden Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches ändern, wobei sich die an der Mündung des Zufuhrkanals bildenden Wirbel ablösen und mit dem einströmenden Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch in die Brennkammer transportiert werden. Das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch in den abgelösten Wirbeln kann spontan zünden und verbrennen, wodurch wiederum eine Druckschwankung verursacht wird. Der Vorgang der Wirbelablösung mit nachfolgender spontaner Zündung und dadurch verursachter Druckschwankung kann sich dabei selbst stabilisieren.

Vorteilhaft an dem Verbrennungssystem ist, daß eine Wirbelbildung bei der Führung der Strömung im Anpaßbereich vermieden wird. In der weitgehend wirbelfrei geführten Strömung des Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisches erfolgt die Zündung, so daß die Verbrennung in einer Flamme zu Rauchgas bereits weitgehend im Anpaßbereich erfolgt. Zwar bildet das in die Brennkammer eintretende Fluidströmung des Gemisches aus Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas aufgrund auftretender Geschwindigkeitsgradienten im Bereich der Mündung des Anpaßbereiches Wirbel, diese enthalten jedoch eine geringe Menge an unverbranntem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch. Daher hat eine plötzliche Verbrennung des Gemisches in den Wirbeln eine Ausbildung von Druckpulsen mit erheblich geringerer Intensität zur Folge, die nicht wesentlich zu einer Änderung des Verbrennungsumsatzes führen. Eine Ablösung zeitlich nachfolgend an der Mündung gebildeter Wirbel wird weitgehend vermindert oder unterbleibt vollständig. Die Neigung des Verbrennungssystems zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen ist dadurch weitgehend reduziert.

Vorzugsweise erweitert sich der Anpaßbereich im Bereich der Mündung, wodurch sich die Geschwindigkeit der Fluidströmung im Anpaßbereich verringert.

Vorzugsweise ist die Kanalwand im Anpaßbereich gegenüber einem Modellströmungsprofil eingeschnürt oder wie das Modellströmungsprofil ausgebildet. Beim Betrieb des Modellverbrennungssystems bildet das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch im Zufuhrkanal eine Strömung, die an der Mündung des Zufuhrkanals in die Brennkammer eintritt. Der Zufuhrkanal weist an seiner Mündung einen Innendurchmesser auf. Unter Modellströmungsprofil ist die röhrenartige Fläche zu verstehen, die gebildet wird aus den Stromlinien der Strömung, welche eine Verlängerung der Kanalwand bilden, wobei das Modellströmungsprofil an der Mündung des Zufuhrkanals einen Profildurchmesser aufweist, der mit dem Innendurchmesser des Zufuhrkanals übereinstimmt. Ein Vorteil der an dem Modellströmungsprofil orientierten Gestaltung der Kanalwand im Anpaßbereich ist, daß die sich im Anpaßbereich ausbildende Strömung des Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches und des Gemisches auch bei einer schwankenden Zufuhr und bei gegebenenfalls auftretenden starken Druckschwankungen in der Brennkammer sicher an der Kanalwand des Anpaßbereiches anliegt. Eine Wirbelbildung der Strömungen im Anpaßbereich wird somit weitgehend vermieden. Eine Möglichkeit das Modellströmungsprofil zu ermitteln, besteht dann, dieses anhand eines unter Nennlast betriebenen Modellverbrennungssystems mit einem zu dem Brenner äquivalenten Brenner, welcher ohne Anpaßbereich ausgebildet ist, zu bestimmen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, in einer numerischen Simulation des Nennlastbetriebes des

Modellverbrennungssystems das Modellströmungsprofil zu berechnen.

Das Modellverbrennungssystem kann ein vorhandenes Verbrennungssystem sein, in das ein Anpaßbereich nachträglich integriert werden soll. Nach Ermittlung des Modellströmungsprofils für das vorhandene Verbrennungssystem kann der Anpaßbereich angebracht werden, wodurch ein neues Verbrennungssystem gebildet wird. Nach dem Anbringen des Anpaßbereiches geht dessen Kanalwand an der Mündung in die Kanalwand des Zufuhrkanals über. Der Anpaßbereich weist einen Anfang mit einem Anfangsinnendurchmesser auf, wobei der Anfang der Mündung des Zufuhrkanals entspricht und der Anfangsinnendurchmesser gleich dem Innendurchmesser ist. Der Anpaßbereich stellt hier eine Verlängerung des Zufuhrkanals dar. Die Kanalwand im Anpaßbereich ist gegenüber dem Modellströmungsprofil des vorhandenen Verbrennungssystems eingeschnürt oder wie das Modellströmungsprofil ausgebildet. Da die Gestaltung der Kanalwand des Anpaßbereiches an dem Verlauf des Modellströmungsprofils ausgerichtet ist, weist die sich bei einem Betrieb des neuen Verbrennungssystems ausbildende Flamme eine Flammcharakteristik auf, die mit der Flammcharakteristik des vorhandenen Verbrennungssystems nahezu übereinstimmt. Dadurch ist ein Anpaßbereich in ein vorhandenes Verbrennungssystem integrierbar, ohne daß aufwendige Modifikationen an zum vorhandenen Verbrennungssystem zugehörigen Regelvorrichtungen vorgenommen werden müssen und weitere Maßnahmen zur Beeinflussung von mit der Verbrennung bewirkten NO<sub>x</sub>-Emissionen notwendig sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform dringt der Anpaßbereich frei in die Brennkammer ein. Dies hat den Vorteil, daß der Anpaßbereich nachträglich ohne großen Aufwand in vorhandene Verbrennungssysteme integriert werden kann.

Bevorzugtermaßen weist die Kanalwand des Anpaßbereiches eine kühlbare Wandstruktur auf, bei der eine Innenwand, die dem Strömungsprofil gegenüber eingeschnürt ausgebildet ist oder wie das Modellströmungsprofil verläuft, von einer Außenwand mit einem dazwischen liegenden Zwischenraum umgeben ist. In den Zwischenraum mündet ein Einlaß für Kühlfluid, über den Kühlfluid in den Zwischenraum strömt, wodurch die Innenwand und die Außenwand gekühlt werden. Die Kühlung ist insbesondere bei einem frei in die Brennkammer hineinragenden Anpaßbereich vorteilhaft, weil die Möglichkeit besteht, daß Heißgashinterströmungen auftreten, wobei in die Brennkammer tretendes heißes Gemisch in der Brennkammer rückströmt in Bereiche in der Nähe des Anfangs des Anpaßbereiches. Eine Entzündung und Verbrennung des heißen Gemisches dort kann zu thermischen Belastungen der Wandstruktur führen, die durch die Kühlung vermieden werden.

Bei einer weiter bevorzugten Ausgestaltung geht der Anpaßbereich an seiner Mündung in die Brennkammerwand über, wodurch eine Heißgashinterströmung nicht möglich ist. Eine thermische Belastung, wie sie bei einem frei in die Brennkammer hineinragenden Anpaßbereich durch eine Heißgashinterströmung und Entzündung auftreten könnte, ist hier ausgeschlossen.

Weiter bevorzugt ist der Zufuhrkanal als Ringkanal eines Vormischbrenners eines Hybridbrenners ausgebildet, in dem nahezu koaxial ein Diffusionsbrenner mit einem Brennstoff-zufuhrkanal, mit einem Verbrennungsluftzufuhrkanal und mit einer Düse angeordnet ist. Der Ringkanal weist in Richtung Brennkammer betrachtet hinter der Düse des Diffusionsbrenners einen Anpaßbereich auf. Der Verbrennungsluftzufuhrkanal des Diffusionsbrenners kann ebenfalls in Richtung Brennkammer betrachtet hinter der Düse einen weite-

ren Anpaßbereich aufweisen.

In einer weiter bevorzugten Ausgestaltung ist der Zufuhrkanal als Verbrennungsluftzufuhrkanal ausgebildet, in dem nahezu koaxial ein Brennstoffzufuhrkanal angeordnet ist, wobei beide Zufuhrkanäle in einer Düse münden und einen Diffusionsbrenner bilden. Bevorzugtermaßen ist der Diffusionsbrenner nahezu koaxial in einem zweiten Zufuhrkanal für Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoffgemisch angeordnet, so daß der Diffusionsbrenner und der Zufuhrkanal einen Hybridbrenner bilden.

Vorzugsweise weist das Verbrennungssystem einen Brenner auf, der als Hybridbrenner für eine Gasturbine ausgebildet ist.

Die auf den Brenner gerichtete Aufgabe wird gelöst durch einen Brenner, der einen Zufuhrkanal sowie eine Zündvorrichtung aufweist, wobei der Zufuhrkanal zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch dient, eine Kanalwand aufweist und mit einer Mündung endet, mit der Zündvorrichtung eine Zündung einer Verbrennung von Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Rauchgas im Zufuhrkanal erfolgt und der Zufuhrkanal vor der Mündung einen Anpaßbereich zur Führung einer Fluidströmung eines sich bei der Verbrennung bildenden Gemisches, bestehend aus Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas aufweist, wobei im Anpaßbereich die Kanalwand so ausgebildet ist, daß bei einem Betrieb des Verbrennungssystems bei Nennlast die Fluidströmung an der Kanalwand anliegt.

Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele wird das Verbrennungssystem näher erläutert. Es zeigen schematisiert und teilweise nicht maßstäblich unter Darstellung der für die Erläuterung verwendeten konstruktiven und funktionellen Merkmale:

Fig. 1 ein Verbrennungssystem in einem Längsschnitt,

Fig. 2 ein Modellverbrennungssystem in einem Längsschnitt,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Zufuhrkanal mit einem eingeschnürten Anpaßbereich,

Fig. 4 einen Längsschnitt durch einen Zufuhrkanal mit Anpaßbereich und einer kühlbaren Wandstruktur

Fig. 5 ein Verbrennungssystem mit einem in die Brennkammerwand übergelagerten Anpaßbereich, und

Fig. 6 einen Hybridbrenner mit Anpaßbereichen.

Die Bezugszeichen sämtlicher Figuren haben jeweils die gleiche Bedeutung.

In Fig. 1 ist ein Verbrennungssystem 1 in einem Längsschnitt dargestellt. Ein Zufuhrkanal 5 erweitert sich in einem Anpaßbereich 8 allmählich und mündet mit einer Mündung 12 in einer Brennkammer 2, die nicht näher dargestellt ist. Der Zufuhrkanal 5 dient der Zuführung eines Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches 6 in die Brennkammer 2, welches mit einer im Zufuhrkanal 5 angebrachten Zündvorrichtung 10 gezündet wird. Die Brennkammer 2 weist eine Brennkammerwand 4 auf, die einen Flammraum 35 umgibt. Der Zufuhrkanal 5 mit dem Anpaßbereich 8 sowie der Zündvorrichtung 10 bilden einen Brenner 3. Das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 bildet im Zufuhrkanal 5 eine Strömung 14. Nach der Zündung verbrennt es zumindest teilweise zu einem Rauchgas 9, wobei sich im Anpaßbereich 8 ein Gemisch 39 aus Rauchgas 9 und unverbranntem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 bildet, welches in einer Fluidströmung 41 in die Brennkammer 2 tritt. Der Zufuhrkanal 5 weist eine Kanalwand 7 auf, welche im Anpaßbereich 8 so ausgebildet ist, daß bei einem Betrieb bei Nennlast die Strömung 14 und die daraus hervorgehende Fluidströmung 41 an der Kanalwand anliegen.

Eine Wirbelbildung in der Strömung 14 und der Fluidströmung 41 im Anpaßbereich 8 wird aufgrund der Ausge-

staltung der Kanalwand 7 weitgehend vermieden. Die Mündung 12 des Anpaßbereiches 8 stellt für die in die Brennkammer 2 übertretende Fluidströmung 41 eine Abrißkante dar, an der sich Wirbel 15 bilden können. Das Gemisch 39 enthält eine geringe Menge an Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6, da das Rauchgas 9 beigemischt ist. Demnach hat eine spontane Verbrennung in den von dem Gemisch 39 gebildeten Wirbeln 15, welche aufgrund von Druckschwankungen in die Brennkammer 2 transportiert werden können, allenfalls eine Ausbildung von Druckpulsationen mit sehr geringer Intensität zur Folge. Die Druckpulsationen führen somit nicht zu einer Ablösung der sich an der Mündung 12 zeitlich nachfolgend bildenden Wirbel 15 von der Mündung 12. Eine Anfachung von Verbrennungsschwingungen ist dadurch vermindert oder unterbleibt vollständig.

In Fig. 2 ist ein Längsschnitt durch ein Modellverbrennungssystem 100 dargestellt. Ein Zufuhrkanal 5 mündet mit einer Mündung 17 in einer Brennkammer 2, die nicht vollständig dargestellt ist. Der Zufuhrkanal 5 weist eine Kanalwand 7 auf und besitzt an der Mündung 12 einen Innendurchmesser 20. Über den Zufuhrkanal 5 wird eine Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 in die Brennkammer 2 zugeführt, wobei das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 mit einer Zündvorrichtung 10 im Zufuhrkanal 5 nahe vor der Mündung 17 gezündet wird. Das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 verbrennt in einer schematisch angedeuteten Flamme 46, die eine Flammcharakteristik 47 aufweist. Im Zufuhrkanal 5 bildet das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 eine Strömung 18, die in die Brennkammer 2 tritt. Mit gestrichelten Linien angedeutet ist ein Modellströmungsprofil 21 der Strömung 18, wobei das Modellströmungsprofil 21 perspektivisch betrachtet eine röhrenartige Fläche ist, die von all den Stromlinien der Strömung 18 gebildet wird, die an der Mündung 17 an der Kanalwand 7 anliegen und somit eine imaginäre Verlängerung der Kanalwand 7 in die Brennkammer 2 hinein darstellen. Das Modellströmungsprofil 21 weist an der Mündung 17 einen Profildurchmesser 20a auf, der mit dem Innendurchmesser 20 übereinstimmt. Die gestrichelten Linien zeigen somit einen Schnitt durch die Stromlinien des Modellströmungsprofils 21. Das Modellströmungsprofil 21 bildet sich entsprechend der Ausgestaltung der Brennkammer 2, dem Innendurchmesser 20 des Zufuhrkanals 5 und dem Massenstrom des zugeführten Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches 6 aus. Das Modellströmungsprofil 21, kann über Messungen oder numerische Berechnungen ermittelt werden. Die Form des Modellströmungsprofils 21 beeinflusst die Flammcharakteristik 47 und damit die Entstehung von NOx-Verbindungen bei der Verbrennung.

Die Fig. 3 zeigt ein Verbrennungssystem mit geringer Neigung zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen, bei dem das in Fig. 2 dargestellte Modellverbrennungssystems 100 durch Hinzufügung eines Anpaßbereiches 8 modifiziert ist. Der Zufuhrkanal 5 weist im Anschluß an seine Mündung 17 den Anpaßbereich 8 mit einem Anfang 13 und einem Anfangsinnendurchmesser 20b auf. Die Mündung 17 des Zufuhrkanals 5 bildet den Anfang 13 des Anpaßbereiches 8, der der Brennkammer 2 zugewandt die Mündung 12 aufweist. Dabei entspricht der Anfangsinnendurchmesser 20b dem Innendurchmesser 20. Das über den Zufuhrkanal 5 zugeführte Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 bildet die Strömung 14 und wird mit Hilfe der Zündvorrichtung 10 im Zufuhrkanal 5 gezündet. Ein Teil des Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches 6 verbrennt im Anpaßbereich 8 zu einem Rauchgas 9, das sich mit unverbranntem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 im Anpaßbereich 8 zu einem Gemisch 39 vermischt. Das Gemisch 39 bildet im Anpaßbereich 8 die Fluidströmung 41. Die Kanalwand 7 ist im

Anpaßbereich 8 gegenüber dem ermittelten Modellströmungsprofil 21 eingeschnürt ausgebildet, wodurch die Strömung 14 und die Fluidströmung 41 sicher an der Kanalwand 7 anliegen. Die Kanalwand 7 kann auch wie das Modellströmungsprofil 21 ausgebildet sein. Eine Ausbildung von Wirbeln im Anpaßbereich 8 wird dadurch weitgehend vermieden. Zwar können sich beim Eintreten der Strömung 41 in die Brennkammer 2 an der Mündung 12 Wirbel 19 des Gemisches 39 ausbilden, jedoch weist das Gemisch 39 eine viel geringere Reaktionsfähigkeit als das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 6 auf. Hierdurch erzeugt eine schlagartige Entzündung der Wirbel 19 in der Brennkammer 2 allenfalls einen Druckpuls so geringerer Intensität, daß eine Anregung von Verbrennungsschwingungen unterbleibt. Ein weiterer Vorteil der oben genannten Ausbildung der Kanalwand 7 des Anpaßbereiches 8 liegt darin, daß eine sich bei der Verbrennung im modifizierten Verbrennungssystem ausbildende Flammcharakteristik mit der Flammcharakteristik des Modellverbrennungssystems nahezu übereinstimmt. So müssen keine weiteren Modifikationen, beispielsweise an zum Modellverbrennungssystem gehörigen Regeleinrichtungen, vorgenommen oder zusätzliche Maßnahmen zur Beeinflussung von mit der Verbrennung bewirkten NO-Emissionen ergriffen werden.

Die Fig. 4 wird in einem Längsschnitt eine weitere Ausführung des in Fig. 3 dargestellten Verbrennungssystems 1 dargestellt. Der Anpaßbereich 8 weist eine Wandstruktur 22 mit einer Innenwand 23, die gegenüber dem Modellströmungsprofil 21 eingeschnürt ausgebildet ist und einer Außenwand 24, die die Innenwand 23 mit einem dazwischenliegenden Zwischenraum 25 umgibt, auf. Die Innenwand kann auch wie das Modellströmungsprofil 21 verlaufen. Der Zwischenraum 25 weist an der Brennkammerwand 4 einen Einlaß 26 für Kühlfluid 27 auf. Das Kühlfluid 27 strömt durch den Zwischenraum 25 und kühlt dabei die Innenwand 23 und die Außenwand 24. Falls es zu einer Rückströmung des in die Brennkammer tretenden heißen Gemisches 39 in die Bereiche 40 in der Brennkammer 2 kommt, was als Heißgashinterströmung bezeichnet wird, kann es insbesondere bei einer dortigen Zündung des Gemisches 39 zu einer Aufheizung der Wandstruktur 22 und der Brennkammerwand 4 kommen. Mit der Kühlung wird dieser Aufheizung entgegen gewirkt und die Wandstruktur 22 auf einem nahezu gleichbleibenden Temperaturniveau gehalten.

In Fig. 5 wird in einem Längsschnitt eine weitere Ausführungsform des Verbrennungssystems 1 gezeigt. Die Kanalwand 7 im Anpaßbereich 8 geht an der Mündung 12 des Anpaßbereiches 8 in die Brennkammerwand 4 der dargestellten Brennkammer 2 über. Dabei ist die Kanalwand 7 gegenüber einem vorab ermittelten Modellströmungsprofil 36 eingeschnürt ausgebildet. Die zu der Ermittlung des Modellströmungsprofils 36 als Modellverbrennungssystem verwendete Ausgestaltung des Verbrennungssystems 1 ist der Fig. 5 zu entnehmen. Hierbei ist die Brennkammer als eine Zusammensetzung aus der Brennkammerwand 4 und einer mit den gestrichelten Linien 38 dargestellten Brennkammerwand ausgebildet. Nach der Anbringung des Anpaßbereiches 8 kann der gestrichelte dargestellte Teil der Brennkammerwand 38 entfallen. Vorteilhaft an einer in die Brennkammerwand 4 übergehenden Kanalwand 7 des Anpaßbereiches 8 ist, daß keine Heißgashinterströmung auftreten kann, so daß eine hierdurch verursachbare Aufheizung der Kanalwand nicht möglich ist.

In Fig. 6 ist in einem Längsschnitt ein Hybridbrenner 101 mit zwei möglichen Ausführungsformen des Anpaßbereiches 8 dargestellt. Entlang einer Hauptachse 102 ist ein als Ringkanal 5 ausgebildeter Zufuhrkanal 5 ausgerichtet, der einen Vormischbrenner bildet. Der Ringkanal 5 mündet mit

einer Mündung 17 in eine nicht näher dargestellte Brennkammer. Er weist einen Anpaßbereich 8 auf. In dem Ringkanal 5 ist coaxial ein Diffusionsbrenner 28 angeordnet. Der Diffusionsbrenner 28 weist einen Flüssigbrennstoffzufuhrkanal 29 auf, der von einem als Ringkanal ausgebildeten Gasbrennstoffzufuhrkanal 45 umgeben ist. Die beiden Brennstoffzufuhrkanäle 29 und 45 sind von einem als Ringkanal ausgebildeten Verbrennungsluftzufuhrkanal 30 umgeben. Im Verbrennungsluftzufuhrkanal 30 ist ein Pilotbrenner 28a angeordnet. Die Kanäle 45, 29 und 30 des Diffusionsbrenners 28 münden in einer Düse 42. Der Verbrennungsluftzufuhrkanal 30 weist einen Anpaßbereich 120 mit einer Kanalwand 122 auf.

Bei der einen Ausführung ist die Kanalwand 7 des Anpaßbereiches 8 im Bereich 52 als eine Wandstruktur 22 ausgeführt (linke Hälfte der Fig. 6), welche Wandstruktur 22 eine Außenwand 24 aufweist, die eine Innenwand 23 mit einem Zwischenraum 25 umgibt, der mit Kühlfluid durchströmbar ist.

Bei der anderen Ausführung des Anpaßbereiches 8 geht im Bereich 53 die Kanalwand 7 in die Brennkammerwand 4 über (rechte Hälfte der Fig. 6). Die Kanalwand 7 im Anpaßbereich 8 des Vormischbrenners und die Kanalwand 122 des Anpaßbereiches 120 des Diffusionsbrenners 28 sind jeweils einem jeweiligen, vorab ermittelten Modellströmungsprofil 54 bzw. 121 gegenüber eingeschnürt ausgebildet.

In einem Diffusionsbetrieb des Hybridbrenners 101 wird Verbrennungsluft 55 über den Verbrennungsluftzufuhrkanal 30 zugeführt und mischt sich im Bereich der Düse 42 mit entweder über den Flüssigbrennstoffzufuhrkanal 29 zugeführten flüssigen Brennstoff 48 oder mit über den Gasbrennstoffzufuhrkanal 45 zugeführten gasförmigen Brennstoff 48a zu einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 50, welches nach dem Austritt aus der Düse 42 gezündet wird. Dabei verbrennt es in einer Flamme teilweise zu einem Rauchgas, wobei sich ein Gemisch 39 aus Brennstoff 48 oder 48a, Verbrennungsluft und Rauchgas bildet, welches in einer Fluidströmung 123 im Anpaßbereich 120 geführt wird. Im Verbrennungsluftzufuhrkanal 30 sind um den Gasbrennstoffzufuhrkanal 45 herum Drallgitter 31 angeordnet, die zur besseren Durchmischung des gasförmigen Brennstoffs 48a mit Verbrennungsluft 55 dienen.

In einem Vormischbetrieb wird über den Ringkanal 5 Verbrennungsluft 49 zugeführt. Im Ringkanal 5 sind um den Pilotbrenner 28 herum Drallgitter 32 angeordnet. Über Einlässe 43 kann flüssiger oder gasförmiger Brennstoff in den Ringkanal 5 im Bereich der Drallgitter 32 zugeführt werden und vermischt sich dort mit der zugeführten Verbrennungsluft 49. Hierbei bildet sich ein Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 51. Durch eine Flamme des Pilotbrenners 28a wird das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 51 gezündet und die Verbrennung stabilisiert. Das Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 51 verbrennt teilweise zu einem Rauchgas und mischt sich mit noch unverbranntem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch 51 zu einem Gemisch 39.

Sowohl im Diffusionsbetrieb als auch im Vormischbetrieb des Hybridbrenners 101 ist bei beiden dargestellten Ausgestaltungen der Kanalwand 7 des Anpaßbereiches 8 in den Bereichen 52 und 53 sowie der Ausgestaltung der Kanalwand 122 des Anpaßbereiches 120 gewährleistet, daß die aus dem Gemisch 39 gebildete Fluidströmung 41 an der Kanalwand 7 und der Innenwand 23, sowie die aus dem Gemisch 39 gebildete Fluidströmung 123 an der Kanalwand 120 anliegt. Somit ist eine Wirbelbildung im Anpaßbereich 8 und im Anpaßbereich 120 vermieden.

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verbrennungssystem mit einer Brennkammer und einem Brenner, der einen Zufuhrkanal mit einem Anpaßbereich und eine Zünd-

vorrichtung aufweist. Der Zufuhrkanal dient zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch in eine Brennkammer, wobei der Zufuhrkanal eine Kanalwand aufweist und mit einer Mündung in die Brennkammer mündet. Die Zündvorrichtung dient zur Zündung einer Verbrennung von Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Rauchgas im Zufuhrkanal. Der vor der Mündung angeordnete Anpaßbereich führt eine Fluidströmung eines sich bei der Verbrennung bildenden Fluides, bestehend aus Verbrennungsluft, Brennstoff, Rauchgas. Die Kanalwand im Anpaßbereich ist so ausgebildet, daß bei einer Nennlast die Fluidströmung an der Kanalwand anliegt. Dadurch wird eine Bildung von Wirbeln der Fluidströmung im Anpaßbereich vermieden, so daß eine Anregung von Verbrennungsschwingungen durch eine plötzliche Verbrennung des Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisches in Wirbeln unterbleibt.

## Patentansprüche

1. Verbrennungssystem (1) mit einer Brennkammer (2) und einem Brenner (3), wobei die Brennkammer (2) eine Brennkammerwand (4) und der Brenner (3), einen Zufuhrkanal (5) sowie eine Zündvorrichtung (10) aufweist, wobei
  - a) der Zufuhrkanal (5) zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch (6) dient, eine Kanalwand (7) aufweist und mit einer Mündung (12) in die Brennkammer (2) mündet,
  - b) mit der Zündvorrichtung (10) eine Zündung einer Verbrennung der Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Rauchgas (9) im Zufuhrkanal (5) erfolgt und
  - c) ein Anpaßbereich (8) als Bestandteil des Zufuhrkanals (5) vor dessen Mündung (12) zur Führung einer Fluidströmung (41) eines sich bei der Verbrennung bildenden Gemisches (39), bestehend aus der Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas (9) vorgesehen ist, in welchem die Kanalwand (7) so ausgebildet ist, daß bei einem Betrieb des Brenners (3) bei einer Nennlast die Fluidströmung (41) an der Kanalwand (7) anliegt.
2. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 1, wobei sich der Anpaßbereich (8) im Bereich der Mündung (12), in Richtung Brennkammer (2) betrachtet, allmählich erweitert.
3. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kanalwand (7) im Anpaßbereich (8) gegenüber einem Modellströmungsprofil (21) eingeschnürt ausgebildet ist, wobei das Modellströmungsprofil (21) anhand eines bei der Nennlast betriebenen Modellverbrennungssystems (100) mit einem zu dem Brenner (3) äquivalenten Brenner, welcher ohne Anpaßbereich (8) ausgebildet ist, ermittelt ist.
4. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kanalwand (7) im Anpaßbereich (8) wie ein Modellströmungsprofil (21) ausgebildet ist, wobei das Modellströmungsprofil (21) anhand eines bei der Nennlast betriebenen Modellverbrennungssystems (100) mit einem zu dem Brenner (3) äquivalenten Brenner, welcher ohne Anpaßbereich (8) ausgebildet ist, ermittelt ist.
5. Verbrennungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Anpaßbereich (8) frei in die Brennkammer (2) hineinragt.
6. Verbrennungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Kanalwand (7) des Anpaßbereiches

(8) in die Brennkammerwand (4) übergeht.

7. Verbrennungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Brennkammerwand (4) eine äußere Kammer bildet, die eine mit einer Flammrohrwand gebildete innere Kammer umgibt, und wobei die Kanalwand des Anpaßbereiches in die Flammrohrwand übergeht.

8. Verbrennungssystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kanalwand (7) des Anpaßbereiches (8) als Wandstruktur (22) ausgebildet ist, welche Wandstruktur (22) eine Außenwand (24), eine von der Außenwand (24) umgebene Innenwand (23) mit einem dadurch gebildeten Zwischenraum (25) zur Führung eines Kühlfluids (27), insbesondere Kühlluft, aufweist.

9. Verbrennungssystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Zufuhrkanal (5) nahezu koaxial ein Diffusionsbrenner (28) angeordnet ist, der einen Verbrennungsluftzufuhrkanal (30) und einen Brennstoffzufuhrkanal (29) sowie eine Düse (42) aufweist, wobei der Zufuhrkanal (5) und der Diffusionsbrenner (28) einen Hybridbrenner (101) bilden.

10. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 9, wobei der Verbrennungsluftzufuhrkanal (30) einen weiteren Anpaßbereich (120) aufweist.

11. Verbrennungssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Zufuhrkanal (5) als Verbrennungsluftzufuhrkanal (30) ausgebildet ist, in dem nahezu koaxial ein Brennstoffzufuhrkanal (29) angeordnet ist, wobei beide Zufuhrkanäle (29 und 30) in einer Düse (42) münden und einen Diffusionsbrenner (28) bilden.

12. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 11, wobei der Diffusionsbrenner (28) nahezu koaxial in einem Zufuhrkanal für Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch angeordnet ist, so daß der Diffusionsbrenner (28) und der Zufuhrkanal einen Hybridbrenner bilden.

13. Verbrennungssystem (1) nach Anspruch 9, 10 oder 12 mit einem Brenner (3), der als Hybridbrenner für eine Gasturbine ausgeführt ist.

14. Brenner (3), der einen Zufuhrkanal (5) sowie eine Zündvorrichtung (10) aufweist, wobei

- a) der Zufuhrkanal (5) zur Zuführung von Verbrennungsluft oder einem Verbrennungsluft/Brennstoff-Gemisch (6) dient, eine Kanalwand (7) aufweist und mit einer Mündung (12) endet,
- b) mit der Zündvorrichtung (10) eine Zündung einer Verbrennung der Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Rauchgas (9) im Zufuhrkanal (5) erfolgt und
- c) ein Anpaßbereich (8) als Bestandteil des Zufuhrkanals (5) vor dessen Mündung (12) zur Führung einer Fluidströmung (41) eines sich bei der Verbrennung bildenden Gemisches (39), bestehend aus Verbrennungsluft, Brennstoff und Rauchgas (9) vorgesehen ist, in welchem die Kanalwand (7) so ausgebildet ist, daß bei einer Nennlast die Fluidströmung (41) an der Kanalwand (7) anliegt.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

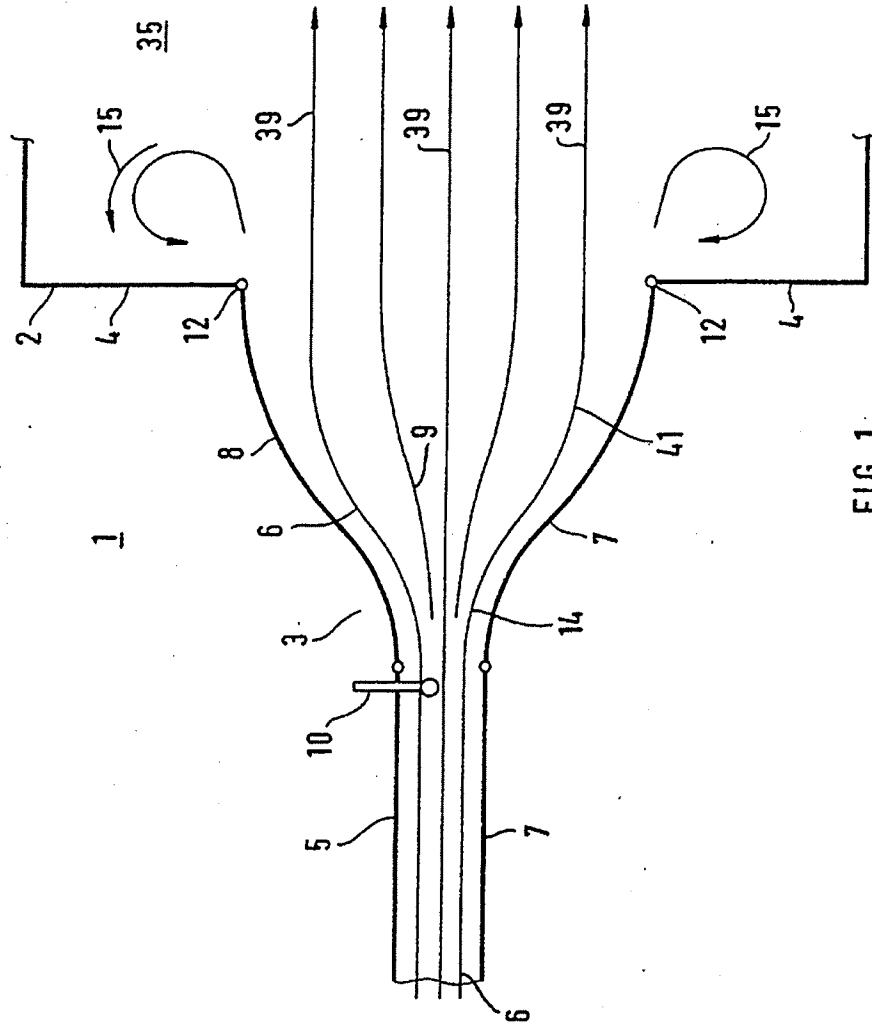


FIG 1



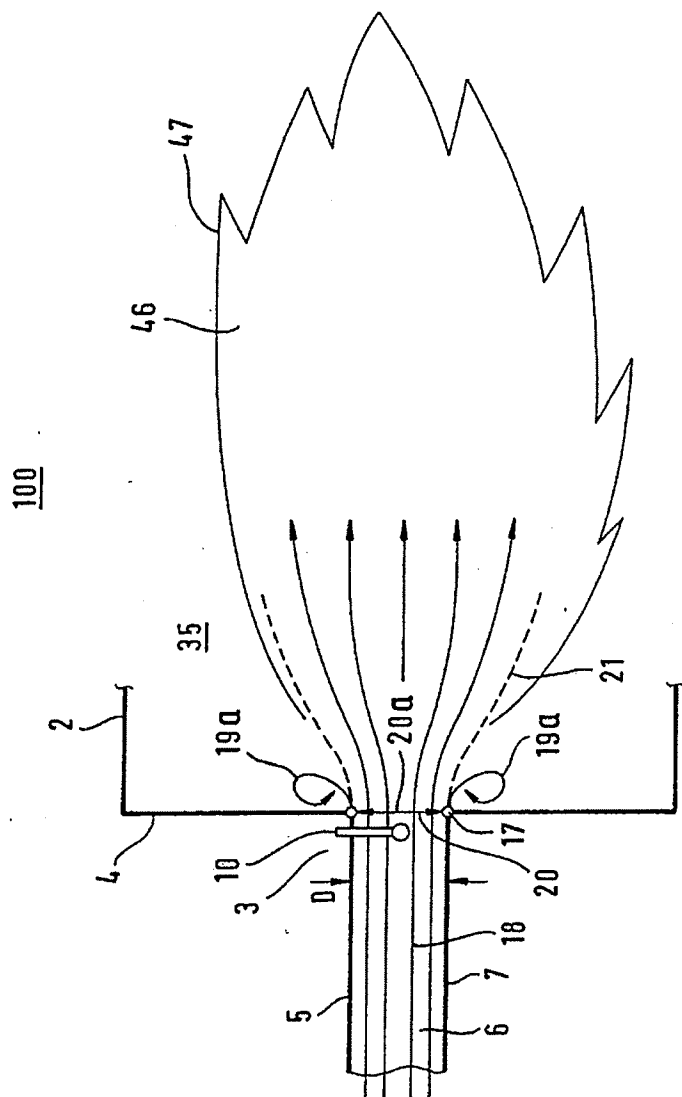


FIG 2

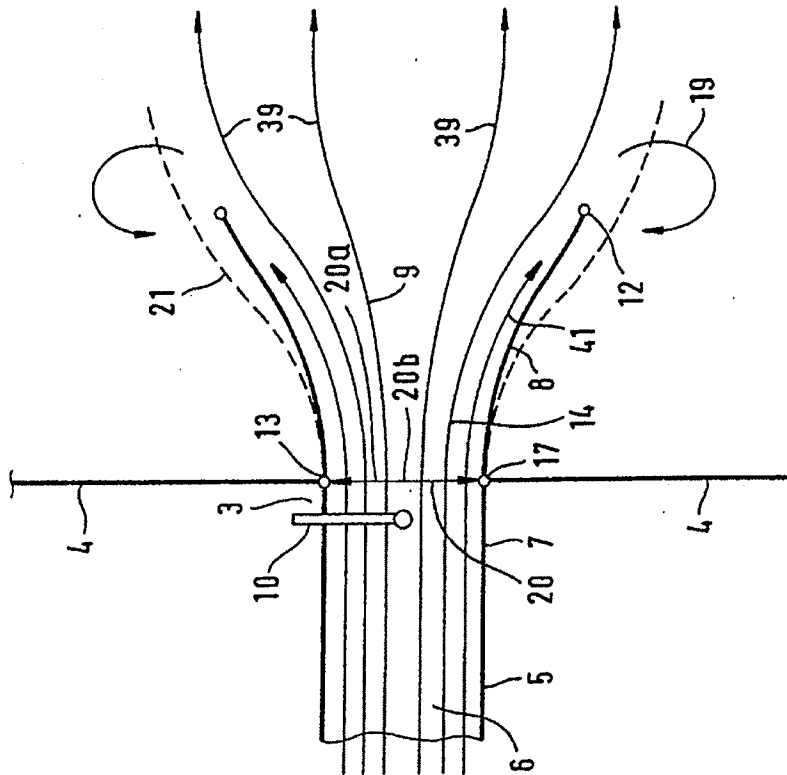
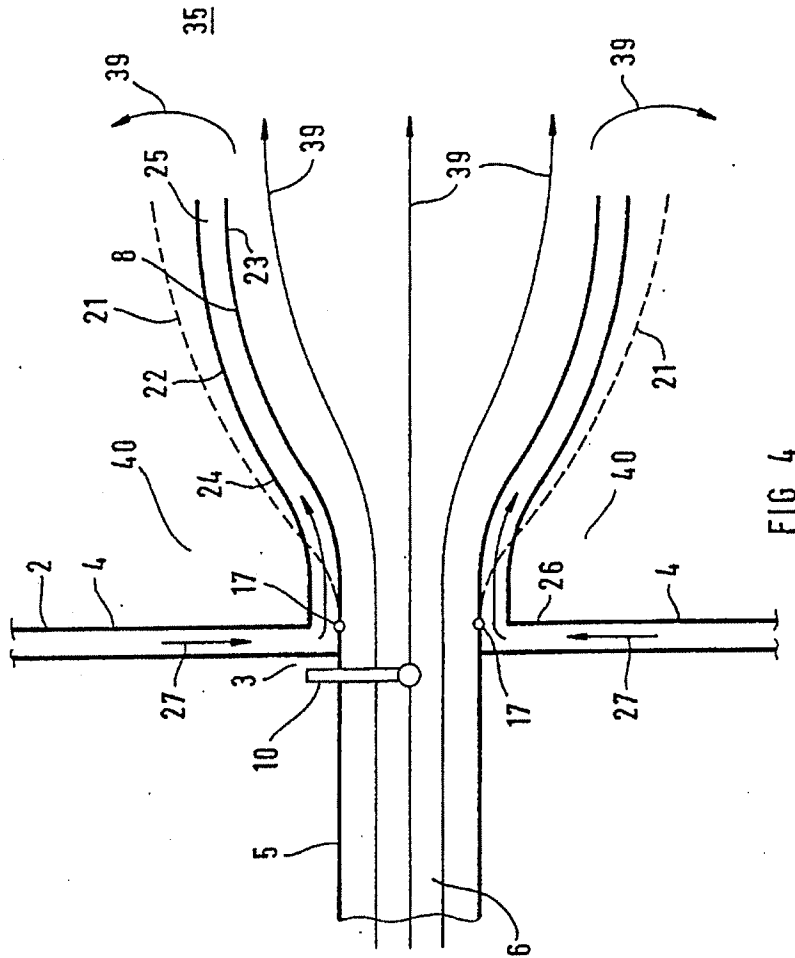


FIG 3



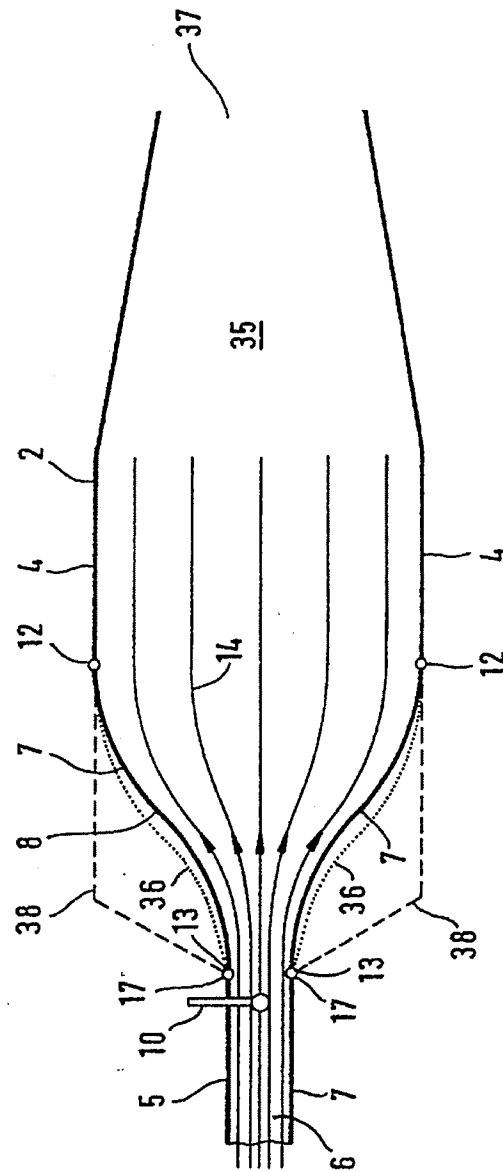


FIG 5

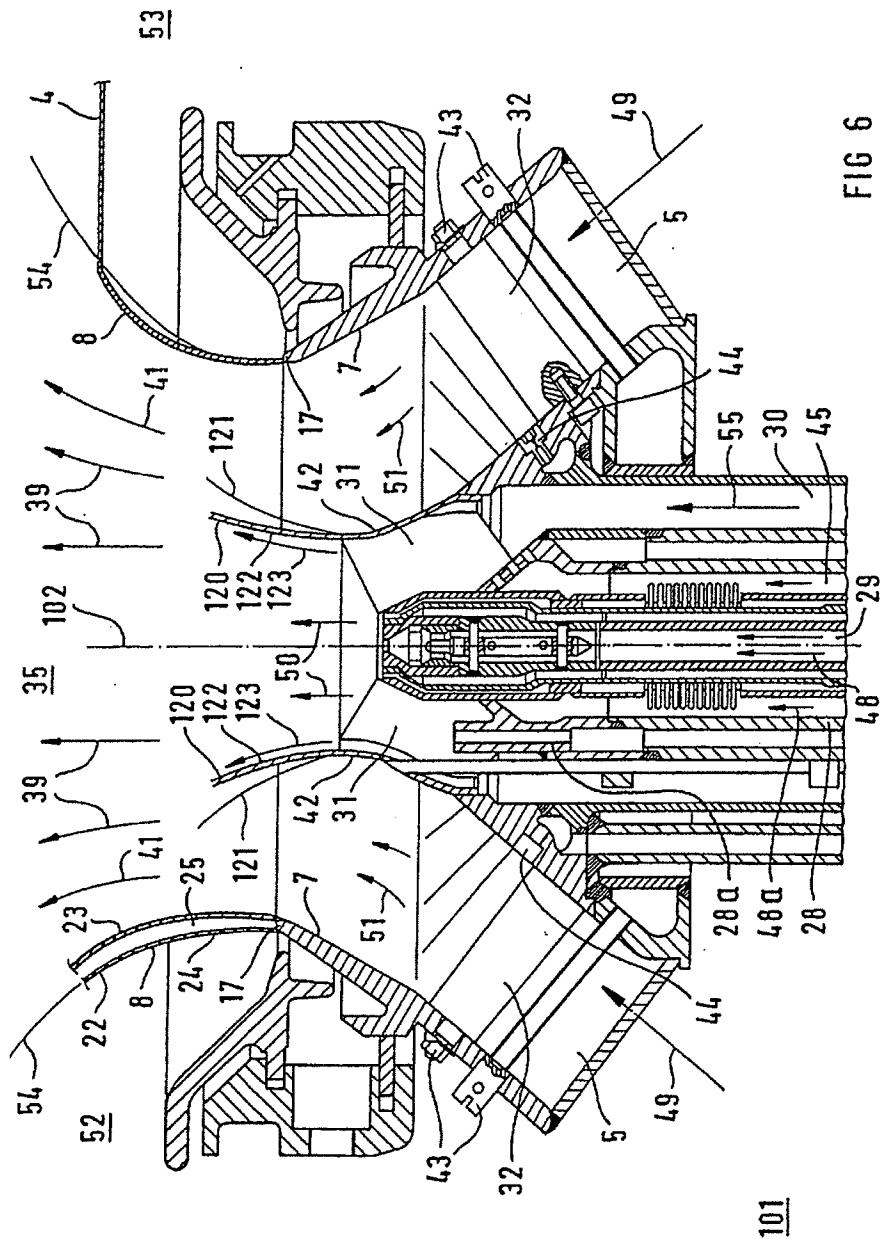


FIG 6



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer: **0 193 838 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift:  
03.05.89

51 Int. Cl.: **F 23 D 17/00, F 23 D 14/02,  
F 23 C 7/00, F 23 L 7/00**

21 Anmeldenummer: 86102394.3

22 Anmeldetag: 24.02.86

54 Brenneranordnung für Feuerungsanlagen, insbesondere für Brennkammern von Gasturbinenanlagen sowie Verfahren zu ihrem Betrieb.

30 Priorität: 04.03.85 DE 3507516

73 Patentinhaber: Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
10.09.86 Patentblatt 86/37

72 Erfinder: Maghon, Helmut, Stockweg 61,  
D-4330 Mülheim/Ruhr (DE)  
Erfinder: Becker, Bernard, Dr., Lothringer Weg 2 N,  
D-4330 Mülheim/Ruhr (DE)

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
03.05.89 Patentblatt 89/18

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE LI NL

56 Entgegenhaltungen:  
DE-C- 953 551  
US-A- 3 076 497  
US-A- 4 347 052

EP 0 193 838 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Brenneranordnung für Feuerungsanlagen, insbesondere von Gasturbinenanlagen, wobei eine Brennkammer ein etwa zylindrisches Gehäuse und ein darin mit Ringspalt wärmebeweglich und zentrisch gehaltenes Flammrohr aufweist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Brenneranordnungen müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllen, damit ihr Betrieb auch unter Berücksichtigung verschärfter Umweltschutzbestimmungen gewährleistet ist: So darf der Gehalt an  $\text{NO}_x$  im Abgas obere Grenzwerte nicht überschreiten. Das bedeutet, daß die Temperaturen in den Verbrennungszonen nicht zu hoch sein dürfen und ausreichende Mengen von Verbrennungsluft der Verbrennungszone zugeleitet werden, wobei im allgemeinen ein Luftüberschuß aufrechterhalten wird. Die Brenner sollen nicht nur mit Heizöl, sondern auch mit Erdgas betrieben werden können.

Ein besonderes Problem ist auch die Umrüstung von Brenneranordnungen, die zwar jetzigen, jedoch zukünftigen  $\text{NO}_x$ -Grenzwerten nicht mehr genügen. Ausgehend von einer Brenneranordnung der im Gattungsbegriff definierten Art, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, diese so auszugestalten, daß sie im Sinne der aufgezeigten Anforderungen einen Betrieb mit niedrigen  $\text{NO}_x$ -Gehalten im Abgas gewährleisten, wobei eine Nachrüstung auch bestehender Brenneranordnungen im Sinne der Reduzierung der  $\text{NO}_x$ -Abgaswerte ermöglicht sein soll, ohne daß die gesamte Brennereinrichtung ausgewechselt werden müßte.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist ein geeignetes Verfahren zum Betrieb der Brenneranordnung, welches eine möglichst geringe Erzeugung von  $\text{NO}_x$  bewirkt.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe mit den im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2 bis 15 angegeben.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile sind unter anderem darin zu sehen, daß das ohnehin vorhandene Ringkanalsystem mit seinen Strömungsleitwänden als Träger einer Vormischbrenner-Anordnung ausgebildet ist, wodurch eine Nachrüstung bestehender Brenneranordnungen ermöglicht ist. Die vorgeschlagenen Verfahren zum Betrieb einer nachgerüsteten Brenneranordnung, wie sie in den Ansprüchen 9 bis 13 angegeben sind, ermöglichen eine Betriebsweise, bei der der  $\text{NO}_x$ -Ausstoß minimiert wird, ohne daß dabei der Verbrauch von Zusatzstoffen, insb. von Wasser, übermäßig ansteigt. Dabei wird von der Erkenntnis ausgegangen, daß ohne geeignete Gegenmaßnahmen der weitaus größte Teil der  $\text{NO}_x$ -Erzeugung in der Pilotflamme des Pilotbrenners stattfindet, obwohl der Brennstoffanteil dieser Flamme nur etwa 5 bis 10% der gesamten Brenneranordnung beträgt. Eine entscheidende Minderung des  $\text{NO}_x$ -Ausstoßes kann daher schon durch geeignete Beeinflussung der Pilotflamme erreicht werden. Die dabei z.B. verbrauchten Mengen, beispielsweise an Wasser oder Wasserdampf in der Größenordnung von etwa 100% der Brennstoffmenge

des Pilotbrenners, sind noch verhältnismäßig gering.

Weitere Möglichkeiten zur Beeinflussung der Pilotflamme sind in den Ansprüchen 14 bis 16 angegeben. Die Verlegungen der Gaseinlässe in den ursprünglich der Luftzuführung dienenden Kanal ermöglicht einen Betrieb des Pilotbrenners quasi als Vormischbrenner. Dabei kann durch lastabhängige Veränderung des Verhältnisses von Brennstoff zu Luft die Stabilität der Pilotflamme und damit der gesamten Brennerflamme erhalten werden. In Bereichen, in denen die Brennerflamme ohnehin stabil brennt ( $\lambda = 1,8 \pm 0,4$ ), kann die Pilotflamme mit einem solchen Verhältnis von Brennstoff zu Luft betrieben werden. Bei Verringerung der Gesamtlast, d.h. bei abnehmender Gesamtbrennstoffmenge, muß der Brennstoffanteil in der Pilotflamme erhöht werden (z.B. auf  $\lambda = 1,4 \pm 0,4$ ). Diese gezielte Inhomogenität stabilisiert die gesamte Flammenkonfiguration des Brenners. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in einer Absenkung der  $\text{NO}_x$ -Emission in der Nähe des Auslegungspunktes durch Verringerung der  $\text{NO}_x$ -Erzeugung in der Pilotflamme und in einer Ausweitung des Arbeitsbereiches der Brenneranordnung in Richtung kleinerer Luftzahlen. Im Teillastbereich kann durch zusätzliche Wasser- oder Dampfzumischung die  $\text{NO}_x$ -Emission trotz der Inhomogenisierung des Gemischfeldes niedrig gehalten werden. Wichtig dabei ist, daß die zugemischten Inertstoffe möglichst vollständig in der Pilotflamme vorhanden sind. In der Nähe des Auslegungsbereiches, d.h. im bevorzugten Betriebsbereich der Anordnung, kann auf eine Zumischung von Inertstoffen im allgemeinen verzichtet werden.

Weitere Merkmale und Vorteile des Erfindungsgegenstandes gehen aus der nachstehenden Figurenbeschreibung hervor, in welcher Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert werden.

Fig. 1 in einem Axialschnitt eine Brenneranordnung nach der Erfindung unter Fortlassung der für das Verständnis der Erfindung nicht erforderlichen Teile des Brenners und der Brennerkammer;

Fig. 2 ein Diagramm, in welchem Beispielsweise der  $\text{NO}_x$ -Gehalt in  $\text{mg/m}^3$  (Ordinatenachse) in Abhängigkeit von der Gasturbinen-Eintrittstemperatur  $\vartheta_{\text{in}}$  der Verbrennungsgase (Abszissenachse) aufgetragen ist;

Fig. 3 einen vergrößerten schematischen Ausschnitt aus Fig. 1 zur Verdeutlichung der Anordnung von Gaseinlässen in den Luftzuführungskanal des Pilotbrenners;

Fig. 4 eine andere Ausbildungsform der Gaseinlässe aus Fig. 3.

Die in Fig. 1 dargestellte Brenneranordnung B gehört zu einer Gasturbinenanlage, dem bevorzugten Anwendungsgebiet der Erfindung. Die Brenneranordnung B ist indessen auch für gasbefeuerte Feuerungsanlagen von Kesseln geeignet. Die zugehörige Brennkammer BK weist ein — im Ausschnitt dargestelltes — etwa zylindrisches Gehäuse 1 auf und ein darin mit Ringspalt  $s_0$  wärmebeweglich und zentrisch gehaltenes Flammrohr 2. Das Gehäuse 1 ist nicht maßstabsgerecht und lediglich schematisch eingezeichnet, und das Beispiel ist auf die darge-

stellte Brenneranordnung B mit einem einzigen Brenner nicht beschränkt; in aller Regel weist die Brennkammer BK sechs in hexagonaler Anordnung oder acht in oktogonaler Anordnung vorgesehene Brenner auf.

Jede der einzelnen Brenneranordnung B besteht aus wenigstens einem Pilotbrenner PB, welcher mit den Brennstoffdüsen 3.1, 3.2 sowie außerdem der Drallbeschaukelung 4 seines Brennerkopfes 3 im Stirnbereich des Flammrohres 2 angeordnet ist und der mit Erdgas E und/oder Heizöl H als Brennstoff betreibbar ist. Der Kopf 3 des Pilotbrenners PB ist coaxial — bezogen auf die Brennerachse b — umgeben von einem Ringkanalsystem R mit inneren und äußeren Strömungsleitwänden r1 und r2, wodurch ein ringförmiger Kanalquerschnitt 5 gebildet wird, welcher der Zufuhr des Hauptanteils der Verbrennungsluft L aus dem Ringspalt s<sub>0</sub> zu der stromab des Brennerkopfes 3 sich ausbildenden Verbrennungszone (nicht dargestellt) dient. Dem Ringspalt wird die unter Druck stehende Verbrennungsluft L vom Kompressor der Gasturbine zugeführt; die heißen Brenngase strömen in die Turbinen-Beschaukelung.

Die Verbrennungsluft L, ggf. mit beigemischt Erdgas, die aus dem ringförmigen Kanalquerschnitt 5 in den stromab des Brennerkopfes 3 angeordneten Kreisquerschnitt 6 übertritt, führt zusammen mit der durch den Brennerkoaxialen Ringraum 16 eintretenden Luft zu einem Drallfeld mit Rezirkulationsgebiet im Flammenbereich. Wichtig ist, daß die örtliche Geschwindigkeit in der sich ausbildenden Drehströmung groß genug ist, die Verbrennungsluft mit dem Flammenkegel des eingespritzten, fein zerstäubten Heizöls H bzw. des eingeblasenen Erdgases E innig zu vermischen, so daß im Zusammenwirken mit der Brennstoffzufuhr der Pilotflamme die Aufenthaltszeit des Reaktionsgemisches im Bereich stöchiometrischer Bedingungen minimiert wird, wodurch der kleinstmögliche NO<sub>x</sub>-Gehalt gewährleistet wird. Dieser kann durch Einspritzen von Wasser W aus Wasserdüsen 7 oder Dampf D aus Dampfdüsen 8, wie gestrichelt angedeutet, weiter verringert werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn diese Inertstoffe besonders auch in der Pilotflamme vorhanden sind, da dort sonst das meiste NO<sub>x</sub> entsteht. Die erfindungsgemäße Anordnung der Düsen 7, 8 ermöglicht dies.

Erfindungsgemäß ist ferner das Ringkanalsystem R mit seinen Strömungsleitwänden r1, r2 als Vormischbrenner-Anordnung VM zur Verbrennung von Erdgas E ausgebildet. Hierzu ist der Zuströmquerschnitt 5 (auch als Kanalquerschnitt bezeichnet) des zum Ringspalt s<sub>0</sub> offenen Ringkanalsystems R von einer Mehrzahl von etwa quer zur Luftströmung L gerichteten Düsenrohren durchdrungen. Die Düsenrohre 9 sind mit ihren der inneren Strömungsleitwand r1 zugewandten Enden an ein Erdgas-Zuleitungssystem EZ angeschlossen, welches den Pilotbrenner PB etwa konzentrisch umgibt. Die Düsenöffnungen der Düsenrohre 9 sind, wie es die kleinen Erdgas-Strömungspfeile e verdeutlichen, auf der der Luftzuströmseite des Ringkanalsystems R abgewandten Seite der Düsenrohre 9 angeordnet. Jedes der über den ringförmigen Kanalquerschnitt 5 verteilten Düsenrohre, die im Vergleich zu den Rohrabmessungen

des Diffusionsbrenners DB auch als «Röhrchen» zu bezeichnen wären, hat 5 Düsenöffnungen, der Kranz der Düsenrohre 9 umfaßt im Beispiel 24 «Röhrchen», die jedoch noch genügend Zuströmquerschnitt für die Verbrennungsluft L freilassen. Der Röhrchenkranz wirkt wie eine Ergasdusche, die zu einer optimalen Vermischung mit der Verbrennungsluft L beiträgt.

Das Erdgas-Zuleitungssystem für den Vormischbrenner VM weist eine ringförmige Einlaufkammer 10 auf mit einer zur Achse b des Pilotbrenners PB kegelig abgeschrägten Anschlußwand 10.1 für die Düsenrohre 9. Die Einlaufkammer 10 läuft schneckenartig von einem größeren, an die Erdgasspeisung 11 angeschlossenen Anfangsquerschnitt (linke Hälfte der Fig. 1) bis hin zu einem kleineren Endquerschnitt (rechte Hälfte der Fig. 1) stetig verjüngt zu, wobei an den Endquerschnitt die letzten der zu beaufschlagenden Düsenrohre 9 des Düsenrohrkranzes angeschlossen sind, so daß die Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft an allen Düsenöffnungen in etwa gleich ist.

Das Ringkanalsystem R ist von den schon erwähnten inneren und äußeren Strömungsleitwänden r1, r2 begrenzt, welche zumindest angenähert auf je einem Kegelmantel liegen, deren Kegelsachsen mit der Achse b des Pilotbrenners PB zusammenfallen. Sie sind zur Bildung des ringförmigen Kanalquerschnittes 5 in Richtung der Pilotbrennerachse axial gegeneinander versetzt. Die kegelig abgeschrägte Anschlußwand 10.1 der Einlaufkammer 10 ist mit der inneren kegeligen Strömungsleitwand r1 gleichgerichtet und fällt, wie man erkennt, mit dieser teilweise zusammen. Besonders raumsparend und strömungsgünstig ist es, wenn die Einlaufkammer 10 — wie dargestellt — in der Ringnische angeordnet ist, welche von einer den Pilotbrenner PB umgebenden Zylinderwand 12 und der inneren Strömungsleitwand r1 aufgespannt ist.

Der dem Vormischbrenner VM zuströmenden Verbrennungsluft L wird ihre Drallkomponente durch die Drallbeschaukelung 13 aufgedrückt, welche den Düsenrohren 9 nachgeschaltet ist und deren Leitschaukelachsen etwa parallel zu den Düsenrohrachsen verlaufen.

Der Pilotbrenner PB wird in seiner Funktion durch den Vormischbrenner VM ergänzt, d.h. bei Erdgasbetrieb kann nach den Anfahren und Anwärmen vom Pilotbrenner- auf Vormischbrennerbetrieb umgeschaltet werden mit seinen niedrigeren NO<sub>x</sub>-Werten. Die Zündung des Pilotbrenners PB erfolgt mit seinem Zündbrenner Z, der hierzu ein Gasröhrchen z1 und eine stab- oder rohrförmige Elektrodenanordnung z2 aufweist. Dieser Zündbrenner Z erlischt, wenn am Brennerkopf stromab desselben eine dauerhafte Flamme brennt; die Zündung des Vormischbrenners VM erfolgt durch die Flamme des Pilotbrenners PB. Ein Zurückschlagen der Flamme kann, auch ohne Flammehalter, in den Vormischbrennerbereich nicht eintreten, wenn auf ausreichende Luftgeschwindigkeit geachtet wird. — Das zentrale Rohr 30 des Pilotbrenners PB dient der Zufuhr von Heizöl H, mit einem ersten, das zentrale Brennerrohr umgebenden Mantel 31 wird ein Ringraum 14 zur Einspeisung von Erdgas E gebildet. Dieser Ringraum 14 mündet im



Bereich des Brennerkopfes 3 über eine kegelige Düsenwand 32 in den Strömungsraum 33 des brennerkopfsseitigen Drallsterns 4, der mit seinen Leitschaukeln zwischen der inneren Düsenwand 32 und einer äußeren Kegelschürze 15 gehalten ist. Letztere ist am Rand der Kegelstumpföffnung der inneren Strömungsleitwand r1 befestigt. Der konzentrisch den ersten Brennermantel 31 umgebende zweite Brennermantel ist die äußere Zylinderwand 12, welche einen zweiten brenner-koaxialen Ringraum 16 bildet. Dieser endet gleichfalls im Strömungsraum des brennerkopfsseitigen Drallsterns 4 und dient der Zufuhr von Luft zur Pilotflamme und ggf. zur Einspeisung von Wasser W über Düsen 7 oder von Wasserdampf D über Düsen 8, wie bereits erläutert. Die gesamte Brenneinheit PB/VM ist an ihrem unteren Ende an einem Flansch 2.1a der Stirnwand 2.1 des Flammrohrs 2 mittels eines Rohrstutzens 17 mit Flansch 17.1 befestigt. Der Rohrstutzen 17 ist an der äußeren Strömungsleitwand r2 festgeschweißt. Die Flanschschrauben sind mit 18 bezeichnet.

Im Diagramm der Fig. 2 zeigt die obere Kurve k1 den  $\text{NO}_x$ -Ausstoß im trockenen Abgas bei 15 Vol. %  $\text{O}_2$  bei Betrieb des Hybridbrenners ohne  $\text{H}_2\text{O}$ -Einspritzung und ohne eingeschalteten Vormischbrenner VM anhängig von der Temperatur  $\vartheta_{\text{T}}$ , der Gasturbinen-Eintrittstemperatur des Arbeitsmediums. Kurve k1.1 zeigt den steilen Abfall des  $\text{NO}_x$ -Ausstoßes bei Übergang auf Vormischbrennerbetrieb, Kurve k2 die weitere Reduzierung des  $\text{NO}_x$ -Gehaltes im Abgas bei Betrieb des Hybridbrenners mit  $\text{H}_2\text{O}$ -Einspritzung.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Ausführungsmöglichkeit für eine Umlegung der Gaseinlässe 36 zum Pilotbrenner PB in den zweiten brenner-koaxialen, sonst der Luftzuführung dienenden Ringraum 16 zur lastabhängigen Änderung des Brennstoff-Luft-Gemisches. Durch eine zusätzliche, gesondert gespeiste und gesteuerte Rohrleitung 35, welche durch die innere Wandung 31 des zweiten Ringraumes 16 geführt ist, kann das Gas nunmehr in diesem Ringraum 16 eingespült werden. Geeignete, vorzugsweise senkrecht zur sonstigen Luftströmung in diesem Ringraum 16 liegende Auslaßöffnungen 37 ermöglichen eine gute Vermischung. Auf diese Weise wird der Pilotbrenner PB nicht mehr als Diffusionsbrenner, sondern quasi als gesondert geregelter Vormischbrenner betrieben. Grundsätzlich ist es von untergeordneter Bedeutung, auf welchem Wege die zusätzliche Luft zugeführt wird, so daß für die Verlegung des Rohrleitung 35 und der Gasauslässe 36, von denen mehrere über den Umfang verteilt sind, viele Möglichkeiten bestehen.

In Fig. 4 wird daher beispielhaft eine andere Variante der Gaseinlässe schematisch dargestellt. Konzentrisch zu dem zweiten Ringraum 16 ist ein Ringkanal 38 angeordnet, welcher mehrere Bohrungen 39 durch die Wandung 31 des zweiten Ringraumes 16 über den Umfang verteilt aufweist. Der Ringkanal 38 wird durch eine Rohrleitung 40 lastabhängig mit Luft gespeist.

#### Patentansprüche

1. Brenneranordnung (B) für Feuerungsanlagen,

insbesondere von Gasturbinenanlagen, wobei eine Brennkammer (BK) ein etwa zylindrisches Gehäuse (1) und ein darin mit Ringspalt ( $S_0$ ) wärmebeweglich und zentrisch gehaltenes Flammrohr (2) aufweist; dabei besteht die Brenneranordnung (B) aus wenigstens einem eine Pilotflamme erzeugenden Pilotbrenner (PB), welcher im Stirnbereich des Flammrohrs (2) angeordnet und der mit Erdgas (E) und/oder Heizöl (H) als Brennstoff betreibbar ist und einen Luftzuführungs Kanal (16) aufweist, und aus einem den Kopf (3) des Pilotbrenners (PB) umgebenden Ringkanalsystem (R) mit Strömungsleitwänden (r1, r2) zur Zufuhr des Hauptanteils der Verbrennungsluft aus dem Ringspalt ( $S_0$ ) zu der stromab des Brennerkopfes (3) im Flammrohr (2) sich ausbildenden Verbrennungszone, wobei eine Drallbeschleunigung (13) im Ringkanalsystem (R) vorhanden ist, durch die den Strömungsvektoren der Verbrennungsluft Komponenten aufprägbare sind, die zur Brennerachse (b) parallel bis spitzwinklig gerichtet in die Verbrennungszone einmünden und denen tangential gerichtete Drallkomponenten mit der Brennerachse (b) als Drallzentrum überlagert sind, dadurch gekennzeichnet,

– daß das Ringkanalsystem (R) mit seinen Strömungsleitwänden (r1, r2) als Vormischbrenner-Anordnung (VM) zur Verbrennung von Erdgas (E) ausgebildet ist,

– daß hierzu der Zuströmquerschnitt (5) des zum Ringspalt ( $S_0$ ) offenen Ringkanalsystems (R) von einer Mehrzahl von etwa quer zur Luftströmung (L) gerichteten Düsenrohren (9) durchdrungen ist,

– daß die Düsenrohre (9) mit ihren einen Enden an ein Erdgas-Zuleitungssystem (EZ) angeschlossen sind, welches den Pilotbrenner (PB) etwa konzentrisch umgibt,

– und daß die Düsenöffnungen der Düsenrohre (9) auf der der Luftzuströmseite des Ringkanalsystems (R) abgewandten Seite der Düsenrohre (9) angeordnet sind.

2. Brenneranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Erdgas-Zuleitungssystem (EZ) eine ringförmige Einlaufkammer (10) aufweist mit einer zur Achse (b) des Pilotbrenners (PB) kegelig abgeschrägten Anschlußwand (10.1) für die Düsenrohre (9).

3. Brenneranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ringkanalsystem (R) von inneren und äußeren Strömungsleitwänden (r1, r2) begrenzt ist, welche zumindest angenähert auf je einem Kegelmantel liegen, deren Kegellachsen mit der Achse (b) des Pilotbrenners (PB) zusammenfallen und die in Richtung der Pilotbrennerachse gegeneinander axial versetzt sind, und daß die kegelig abgeschrägte Anschlußwand (10.1) der Einlaufkammer (10) mit der inneren kegelligen Strömungsleitwand (r1) gleichgerichtet ist bzw. mit dieser mindestens teilweise zusammenfällt.

4. Brenneranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaufkammer (10) in der Ringnische angeordnet ist, welche von einer den Pilotbrenner (PB) koaxial umgebenden Zylinderwand (12) und der inneren Strömungsleitwand (r1) aufgespannt ist.

5. Brenneranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drallbe-

schaufelung (13) den Düsenrohren (9) nachgeschaltet ist, wobei die Schauffellängsachsen etwa parallel zu den Düsenrohrachsen verlaufen.

6. Brenneranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Pilotbrenner (PB) mit seinem der Zufuhr von Heizöl (H) dienenden zentralen Brennerrohr (30) einen ersten, das Brennerrohr umgebenden Brennermantel (31) aufweist mit einem Ringraum (14) zur Einspeisung von Erdgas (E), der im Bereich des Brennerkopfes (3) über eine Düsenwand (32) in den Strömungsraum (33) eines brennerkopfseitigen Drallsterns (4) mündet und einen zweiten Brennermantel in Form der äußeren Zylinderwand (12) aufweist, welcher einen zweiten brenner-koaxialen Ringraum, den Luftzuführungskanal (16) des Pilotbrenners (PB) bildet, der gleichfalls im Strömungsraum (33) des brennerkopfseitigen Drallsterns (4) endet und der Zufuhr von Luft dient, sowie Öffnungen (7 bzw. 8) zur Einspeisung eines Inertstoffes, vorzugsweise von Wasser (W) oder Wasserdampf (D) in die Verbrennungszone, aufweist.

7. Brenneranordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaufkammer (10) schneckenartig von einem größeren, an die Erdgasspeiseleitung (11) angeschlossenen Anfangsquerschnitt bis hin zu einem kleineren Endquerschnitt stetig verjüngt zuläuft, wobei an den Endquerschnitt der Einlaufkammer (10) die letzten der beaufschlagenden Düsenrohre (9) des Düsenrohrkranzes angeschlossen sind.

8. Brenneranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Gaszufuhr für den Pilotbrenner (PB) mehrere über den Umfang verteilte, gesondert gespeiste und gesteuerte Gaseinlässe (37; 39), in dessen Luftzuführungskanal (16) stromaufwärts mit Abstand vom Drallstern (4) vorhanden sind.

9. Brenneranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaseinlässe (37; 39) aus mehreren über den Umfang verteilten, durch die Wandung (12 oder 31) des Luftzuführungskanals (16) geführten Rohren (35) bestehen.

10. Brenneranordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre (35) ein Stück (36) in den Luftzuführungskanal (16) hineinragen.

11. Brenneranordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrstücke (36) innerhalb des Luftzuführungskanals (16) mehrere Gasaustrittsöffnungen (37), vorzugsweise etwa senkrecht zur Luftströmungsrichtung, aufweisen.

12. Brenneranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaseinlässe (34) als Bohrungen (39) durch die Wandung (12 oder 31) eines konzentrisch zum Luftzuführungskanal (16) angeordneten Ringkanales (38) ausgebildet sind, der eine gesonderte Gaszuleitung (40) aufweist.

13. Verfahren zum Betrieb einer Brenneranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß beim Betrieb in der Nähe des Auslegungspunktes eine Menge Wasser (W) oder Wasserdampf (D), zwischen 50% und 120% der Brennstoffmenge des Pilotbrenners (PB), vorzugsweise 100% eingespeist wird, und zwar so, daß ein möglichst großer Anteil davon in der Flamme des Pilotbrenners (PB) vorhanden ist.

14. Verfahren zum Betrieb einer Brenneranordnung gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Brennstoff zu Luft am Pilotbrenner (PB) lastabhängig verändert wird, indem die Gaseinspeisung stromaufwärts mit Abstand vom Drallstern (4) in den Luftzuführungskanal (16) in Abhängigkeit von der Gesamtbrennstoffmenge verändert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei abnehmender Gesamtbrennstoffmenge zunehmend Gasmengen in den Luftzuführungskanal (16) eingespeist werden, um durch gezielte Inhomogenität die Flamme der ganzen Brenneranordnung zu stabilisieren, wobei der Pilotbrenner (PB) bei einer ungefähren Luftzahl von  $\lambda = 1,4 \pm 0,4$  arbeitet.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nähe des Auslegungspunktes die eingespeiste Gasmenge so eingestellt wird, daß sich am Austritt des Pilotbrenners (PB) ein etwa gleichförmiges Gemisch mit etwa der gleichen Luftzahl ( $\lambda = 1,8 \pm 0,4$ ) wie in der äußeren Hauptströmung ergibt.

## Revendications

1. Agencement de brûleurs (B) pour des installations de combustion, notamment pour des installations à turbine à gaz, une chambre de combustion (BK) comportant une enveloppe (1) sensiblement cylindrique et dans celle-ci un tube-foyer (2) maintenu centré avec formation d'une fente annulaire ( $S_0$ ) et pouvant se déplacer sous l'effet de la chaleur; l'agencement de brûleurs (B) est constitué d'au moins un brûleur pilote (PB) qui produit une flamme pilote, qui est disposé dans la partie frontale du tube-foyer (2), qui peut fonctionner avec du gaz naturel (E) et/ou du mazout (H) comme combustible et qui comporte un canal d'amenée d'air (16) et d'un système à canal annulaire (R), qui entoure la tête (3) du brûleur pilote (PB), qui a des parois de guidage de l'écoulement ( $r_1, r_2$ ) pour faire passer la partie principale de l'air de combustion de la fente annulaire ( $S_0$ ) à la zone de combustion se formant dans le tube-foyer (2) en aval de la tête du brûleur (3), et il est prévu dans le système à canal annulaire (R) un aubage à tourbillonnement par lequel on peut imprimer aux vecteurs d'écoulement de l'air de combustion des composantes qui débouchent dans la zone de combustion en étant dirigées parallèlement à l'axe du brûleur (6) ou en faisant un angle aigu avec celui-ci (b), et auxquelles sont superposées des composantes du tourbillonnement, dirigées tangentiellement, avec l'axe du brûleur (b) comme centre du tourbillonnement, caractérisé,

— en ce que le système à canal annulaire (R) est constitué avec ses parois de guidage de l'écoulement ( $r_1, r_2$ ) en dispositif à brûleur de prémélange (VM) pour la combustion du gaz naturel (E);

— en ce que, à cet effet, la section transversale d'entrée (5) du système à canal annulaire (R), ouvert vers la fente annulaire ( $S_0$ ), est traversée par un grand nombre de tubes à tuyères (9), dirigés sensiblement perpendiculairement à l'écoulement de l'air (L);

- en ce que les tubes à tuyères (9) sont reliés par l'une de leurs extrémités un système d'amenée du gaz naturel (EZ), qui entoure concentriquement le brûleur pilote (PB);

- et en ce que les ouvertures des tuyères des tubes à tuyères (9) sont disposées du côté des tubes à tuyères (9), qui est éloigné du côté de l'arrivée de l'air du système à canal annulaire (R).

2. Agencement de brûleurs suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le système d'amenée du gaz naturel (EZ) comporte une chambre d'entrée annulaire (10) ayant une paroi de raccordement (10.1) des tubes à tuyères (9), qui est inclinée coniquement par rapport à l'axe (b) du brûleur pilote (PB).

3. Agencement de brûleurs suivant la revendication 2, caractérisé en ce que le système à canal annulaire (R) est délimité par des parois de guidage de l'écoulement intérieures et extérieures (r1, r2) qui se trouvent chacune au moins approximativement sur une surface latérale conique dont les axes coïncident avec l'axe (b) du brûleur pilote (PB) et qui sont décalées axialement l'une par rapport à l'autre dans la direction de l'axe du brûleur pilote et en ce que la paroi de raccordement (10.1) biseautée coniquement, de la chambre d'entrée (10) présente la même direction que la paroi intérieure de guidage de l'écoulement (r1) en forme de cône ou coïncide au moins partiellement avec celle-ci.

4. Agencement de brûleurs suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la chambre d'entrée (10) est disposée dans la niche annulaire qui est définie par une paroi cylindrique (12) entourant coaxialement le brûleur pilote (PB) et par la paroi intérieure de guidage de l'écoulement (r1).

5. Agencement de brûleurs suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'aubage à tourbillonnement (13) est monté en aval des tubes à tuyères (9), les axes longitudinaux des aubes s'étendant à peu près parallèlement aux axes des tubes à tuyères.

6. Agencement de brûleurs suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le brûleur pilote (PB), avec son tube central de brûleur (30) servant à l'arrivée du mazout (H), comporte une première enveloppe de brûleur (31) entourant le tube de brûleur avec une chambre annulaire d'alimentation en gaz naturel (E), qui débouche dans la région de la tête du brûleur (3) par l'intermédiaire d'une paroi formant tuyère (32) dans la chambre d'écoulement (33) d'une étoile de tourbillonnement (4) se trouvant du côté de la tête du brûleur, ainsi qu'une seconde enveloppe de brûleur de la forme de la paroi cylindrique extérieure (12) et qui forme une seconde chambre annulaire coaxiale au brûleur, qui constitue le canal d'alimentation en air (16) du brûleur pilote (PB), qui se termine également dans la chambre d'écoulement (33) de l'étoile du tourbillonnement (4) du côté de la tête du brûleur et qui sert à amener de l'air, et des ouvertures (7 et 8) d'alimentation en une substance inerte, de préférence l'eau (W) ou de la vapeur d'eau (D), de la zone de combustion.

7. Agencement de brûleurs suivant l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la chambre d'entrée (10) s'amincit de façon continue et héli-

coïdalement d'une section transversale initiale assez grande raccordée au conduit d'alimentation en gaz naturel (11) jusqu'à une section d'extrémité plus petite, les derniers des tubes à tuyères (9) de la couronne de tubes à tuyères, qui procèdent à l'alimentation, étant raccordés à la section transversale d'extrémité de la chambre d'entrée (10).

8. Agencement de brûleurs suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour amener du gaz au brûleur pilote (PB), il est prévu, dans son canal d'amenée de l'air (16), en amont et à distance de l'étoile de tourbillonnement (4), plusieurs entrées de gaz (37; 39), qui sont réparties sur le pourtour, et qui sont alimentées et commandées séparément.

9. Agencement de brûleurs suivant la revendication 8, caractérisé en ce que les entrées de gaz (37; 39) sont constituées de plusieurs tubes (35) qui sont répartis sur le pourtour et qui passent à travers la paroi (12 ou 31) du canal d'amenée de l'air (16).

10. Agencement de brûleurs suivant la revendication 9, caractérisé en ce que les tubes (35) font saillie un peu (36) dans le canal d'amenée de l'air (16).

11. Agencement de brûleurs suivant la revendication 10, caractérisé en ce que les tronçons tubulaires (36) situés dans le canal d'amenée de l'air (16) comportent plusieurs orifices de sortie du gaz (37), de préférence sensiblement perpendiculaires à la direction d'écoulement de l'air.

12. Agencement de brûleurs suivant la revendication 8, caractérisé en ce que les entrées de gaz (34) sont constituées en perçages (39) ménagés dans la paroi (12 ou 31) d'un canal annulaire (38) disposé concentriquement au canal d'amenée de l'air (16) et comportant un conduit distinct d'amenée du gaz (40).

13. Procédé pour la mise en œuvre d'un agencement de brûleurs suivant l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il consiste, lors du fonctionnement à proximité du point nominal, à envoyer une certaine quantité d'eau (W) ou de vapeur d'eau (D), comprise entre 50% et 120% de préférence égale à 100% de la quantité de combustible du brûleur pilote (PB) et cela de façon à en avoir une proportion aussi grande que possible dans la flamme du brûleur pilote (PB).

14. Procédé pour la mise en œuvre d'un agencement de brûleurs suivant l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il consiste à modifier en fonction de la charge le rapport entre le combustible et l'air dans le brûleur pilote (PB), en modifiant l'alimentation en gaz du canal d'amenée de l'air (16), en amont et à distance de l'étoile du tourbillonnement (4) en fonction de la quantité totale de combustible.

15. Procédé suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'il consiste à alimenter le canal d'amenée de l'air (16) en des quantités croissantes de gaz, lorsque la quantité totale de combustible diminue, afin de stabiliser l'ensemble de l'agencement des brûleurs en rendant la flamme inhomogène de manière adéquate, le brûleur pilote (PB) fonctionnant avec un indice d'air d'environ  $\lambda = 1,4 \pm 0,4$ .

16. Procédé suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la quantité de gaz d'alimentation, à proximité du point nominal, de

manière à avoir à la sortie du brûleur pilote (PB) un mélange sensiblement uniforme ayant à peu près le même indice d'air ( $\lambda = 1,8 \pm 0,4$ ) que dans l'écoulement extérieur principal.

#### Claims

1. Burner arrangement (B) for furnaces, especially of gas turbine installations, whereby a combustion chamber (BK) has an approximately cylindrical housing (1) and a fire pipe (2) therein held centrally and able to be moved by heat transfer with an annular gap ( $S_0$ ); the burner arrangement (B) consisting of at least one pilot burner (PB) producing a pilot flame, said burner being arranged in the front area of the fire pipe (2) and which is able to be driven by natural gas (E) and/or fuel oil (H) as fuel and has an air supply channel (16), and of an annular channel system (R) surrounding the head (3) of the pilot burner (PB) with flow guiding walls (r1, r2) for supply of the main portion of combustion air from the annular gap ( $S_0$ ) to the combustion zone forming upstream of the burner head (3) in the fire pipe (2), whereby a twist blading (13) is present in the annular channel system (R), by which components are able to be impressed upon the flow vectors of the combustion air, which flow into the combustion zone, directed in a parallel to acute-angled manner to the burner axis (b) and are superimposed upon the tangentially directed twist components with the burner axis (b) as twist centre, characterised in

— that the annular channel system (R) is constructed with its flow guiding walls (r1, r2) as premixing burner-arrangement (VM) for combustion of natural gas (E),

— that for this purpose the flow cross-section (5) of the annular channel system (R) open to the annular gap ( $S_0$ ) is penetrated by a plurality of nozzle tubes directed approximately transverse to the air flow (L),

— that the nozzle tubes (9) are attached at one of their ends to a natural gas supply system (EZ), which surrounds the pilot burner (PB) approximately concentrically,

— and that the nozzle openings of the nozzle tubes (9) are arranged on the side nozzle tubes (9) facing away from the air supply side of the annular channel system (R).

2. Burner arrangement according to claim 1, characterised in that the natural gas supply system (EZ) has an annular inlet chamber (10) with a connecting wall (10.1) for the nozzle tubes (9) angled in a tapering manner to the axis (b) of the pilot burner (PB).

3. Burner arrangement according to claim 2, characterised in that the annular channel system (R) of inner and outer flow guiding walls (r1, r2) is restricted, said walls lying at least approximately in each case on a cone shaped shell, the cone axes of which coincide with the axis (b) of the pilot burner (PB) and which are displaced axially against each other in the direction of the pilot burner axis, and that the connecting wall (10.1) of the inlet chamber (10) inclined in a tapering manner is equiaxial with the inner cone-shaped flow guiding wall (r1) or at least partly coincides with this.

4. Burner arrangement according to claim 3, characterised in that the inlet chamber (10) is arranged in the ring recess, which is set by a cylinder wall (12) coaxially surrounding the pilot burner (PB) and the inner flow guiding wall (r1).

5. Burner arrangement according to one of claims 1 to 4, characterised in that the twist blading (13) is downstream of the nozzle tubes (9) whereby the blade longitudinal axes extends approximately parallel to the nozzle tubes axes.

6. Burner arrangement according to one of claims 1 to 5, characterised in that the pilot burner (PB) has with its central burner pipe (30) serving the supply of fuel oil (H) a first burner shell (31) surrounding the burner pipe with an annular space (14) for feeding natural gas (E), which opens in the region of the burner head (3) by way of a nozzle wall (32) into the flow space (33) of a twist star (4) on the burner head side and a second burner shell in the form of the outer cylinder wall (12), which forms a second burner-coaxial annular space, the air supply channel (16) of the pilot burner (PB) which also terminates in the flow space (33) of the twist star (4) on the burner head side and serves the supply of air, as well as openings (7 or 8) for feeding an inert material, preferably of water (W) or water vapour (D) into the combustion zone.

7. Burner arrangement according to one of claims 2 to 4, characterised in that the inlet chamber (10) runs continually in a tapered manner helicoidally from a larger initial cross-section attached to the natural gas feeding line (11) up to a smaller end cross-section, whereby at the end cross-section of the inlet chamber (10) the last of the admitting nozzle tubes (9) of the nozzle tube ring is attached.

8. Burner arrangement according to one of the preceding claims, characterised in that for supplying gas for the pilot burner (PB) several separately fed and controlled gas inlets (37; 39), distributed over the circumference, in the air supply channel (16) thereof are present upstream at a distance from the twist star (4).

9. Burner arrangement according to claim 8, characterised in that the gas inlets (37; 39) consist of several tubes (35) distributed over the circumference and led through the wall (12 or 31) of the air supply channel (16).

10. Burner arrangement according to claim 9 characterised in that the tubes (35) project a portion (36) into the air supply channel (16).

11. Burner arrangement according to claim 10, characterised in that the tube portions (36) have, within the air supply channel (16) several gas outlet openings (37), preferably approximately perpendicular to the air flow direction.

12. Burner arrangement according to claim 8, characterised in that the gas inlets (34) are constructed as bores (39) through the wall (12 or 31) of an annular channel (38) arranged concentrically to the air supply channel, said channel having a separate gas line (40).

13. Method of operating a burner arrangement, according to one of claims 1 to 12, characterised in that when operating in the vicinity of the design point a quantity of water (W) or water vapour (D),

between 50% and 120% of the amount of fuel of the pilot burner (PB), preferably 100%, is fed in so that a large portion as possible of this is present in the flame of the pilot burner (PB).

14. Method of operating a burner arrangement according to one of claims 8 to 12, characterised in that the ratio of fuel to air at the pilot burner (PB) is altered depending on the load, when the gas supply is altered upstream and distanced from the twist star (4) into the air supply channel (16), depending on the whole amount of fuel.

15. Method according to claim 14, characterised

in that with a decreasing whole amount of fuel, increasingly amounts of gas are fed into the air supply channel (16), in order to stabilise the flame of the whole burner arrangement by controlled inhomogeneity, whereby the pilot burner (PB) functions with an approximate air count of  $2 = 1.4 \pm 0.4$ .

16. Method according to claim 14, characterised in that close to the design point the amount of gas fed in is adjusted such that at the outlet of the pilot burner (PB) there results an approximately even mix with approximately the same air coefficient ( $2 = 1.8 \pm 0.4$ ) as in the outer main flow.

15

20

25

30

35

40

45

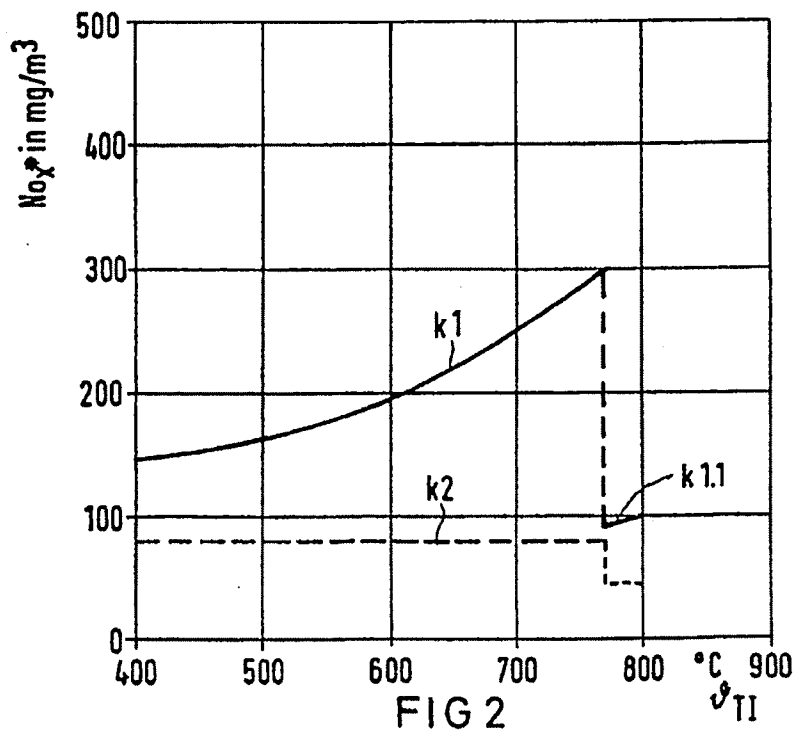
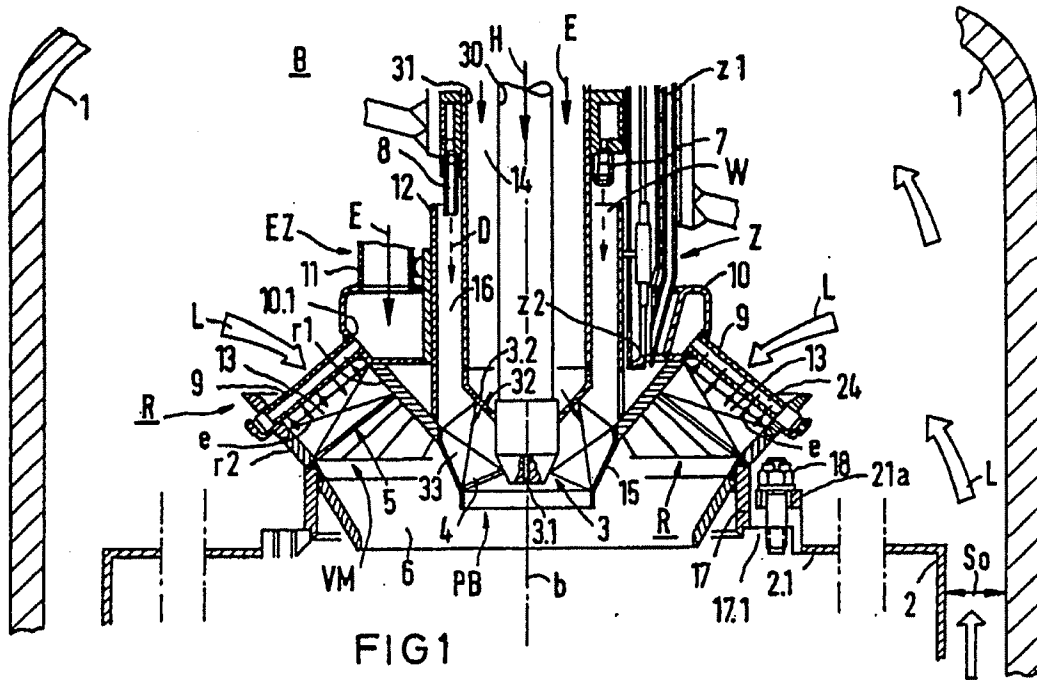
50

55

60

65

8



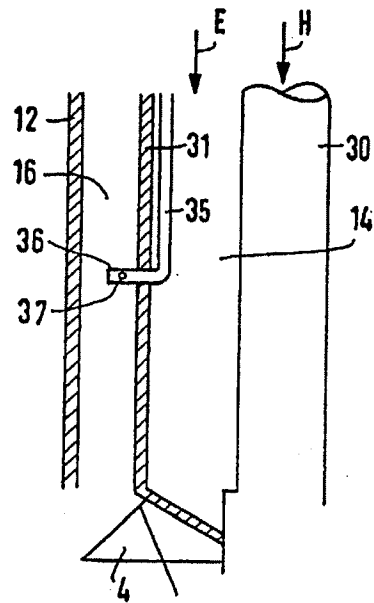


FIG 3

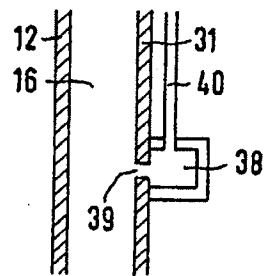


FIG 4